

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 269**

51 Int. Cl.:

**A61F 2/16** (2006.01)

**G02C 7/04** (2006.01)

**G02C 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2013 PCT/US2013/023376**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13116133**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2013 E 13743279 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2773288**

54 Título: **Lente intraocular (IOL) híbrida difractiva-refractiva apodizada para pseudo-acomodación**

30 Prioridad:

**02.02.2012 US 201213364911**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**05.06.2018**

73 Titular/es:

**NOVARTIS AG (100.0%)  
Lichtstrasse 35  
4056 Basel, CH**

72 Inventor/es:

**DAS, KAMAL K. y  
KARAKELLE, MUTLU**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 671 269 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Lente intraocular (IOL) híbrida difractiva-refractiva apodizada para pseudo-acomodación

### CAMPO TÉCNICO

5 La presente exposición se refiere en general a lentes oftálmicas, y más particularmente a una lente intraocular (IOL) híbrida difractiva-refractiva apodizada para pseudo-acomodación.

### ANTECEDENTES

10 Una IOL puede ser implantada en un ojo durante una cirugía de cataratas para reemplazar el cristalino natural. Los músculos ciliares varían la potencia óptica del cristalino natural para proporcionar acomodación para ver objetos a diferentes distancias del ojo. Muchas IOL, sin embargo, proporcionan una potencia monofocal sin previsión para acomodación. Ciertas IOL multifocales proporcionan una potencia óptica de lejos así como una potencia óptica de cerca (por ejemplo, empleando estructuras difractivas) para producir un grado de pseudo-acomodación.

El estado relevante de la técnica está representado por los documentos US 2010/0312336 A1 y US 2009/0088840 A1.

### BREVE RESUMEN

15 La presente enseñanza proporciona una lente oftálmica según se ha detallado en la reivindicación 1. También se ha proporcionado un método según la reivindicación 9. Características ventajosas son proporcionadas en las reivindicaciones dependientes.

20 En ciertas realizaciones, una lente oftálmica comprende una óptica. La óptica tiene un eje óptico y superficies que comprenden una superficie anterior y una superficie posterior. Al menos una de las superficies tiene una región refractiva interior y una estructura refractiva-difractiva dispuesta hacia fuera desde la región refractiva interior en una dirección que se aleja del eje óptico. La región refractiva interior está adaptada para contribuir de manera refractiva a una potencia óptica de foco de lejos. La estructura refractiva-difractiva comprende una o más regiones difractivas y una o más regiones refractivas. Una región difractiva está adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica multi-zonal, y una región refractiva está adaptada para contribuir de manera refractiva a la potencia óptica de foco de lejos.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 A continuación se describirán realizaciones ejemplares de la presente exposición a modo de ejemplo con mayor detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

Las figs. 1A a 1C ilustran esquemáticamente una lente intraocular (IOL) híbrida difractiva-refractiva de acuerdo con ciertas realizaciones. La fig. 1A ilustra una vista hacia una superficie anterior de la IOL, la fig. 1B ilustra una sección transversal de la IOL, y la fig. 1C ilustra una vista más detallada de la sección transversal de la IOL.

30 La fig. 2 ilustra un ejemplo de un perfil de una región refractiva interior y de una estructura refractiva-difractiva.

La fig. 3 ilustra otro ejemplo de un perfil de una región refractiva interior y de una estructura refractiva-difractiva, y

La fig. 4 ilustra un ejemplo de un método para fabricar una óptica de una IOL híbrida difractiva-refractiva.

### DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES EJEMPLARES

35 Con referencia ahora a la descripción y dibujos, se han mostrado en detalle realizaciones ejemplares de los aparatos, sistemas, y métodos descritos. La descripción y dibujos no pretenden ser exhaustivos o limitar o restringir de otro modo las reivindicaciones a las realizaciones específicas mostradas en los dibujos y expuestas en la descripción. Aunque los dibujos representan realizaciones ejemplares, los dibujos no están necesariamente a escala y ciertas características pueden estar exageradas, eliminadas, o parcialmente seccionadas para ilustrar mejor las realizaciones.

40 Las figs. 1A a 1C ilustran esquemáticamente una lente intraocular (IOL) 10 híbrida difractiva-refractiva de acuerdo con ciertas realizaciones. La fig. 1A ilustra una vista hacia una superficie anterior 14 de una IOL 10, la fig. 1B ilustra una sección transversal de la IOL 10, y la fig. 1C ilustra una vista más detallada de la sección transversal de la IOL 10.

45 La IOL 10 híbrida difractiva-refractiva incluye una mezcla de regiones difractivas y refractivas que permiten una visión multi-zonal. "Multi-zonal" se refiere a dos o tres de cualquiera de las siguientes distancias de visión: visión de cerca, intermedia, y de lejos (o a distancia). La visión de cerca se refiere a la visión de objetos cercanos aproximadamente a 2 o menos pies (60 cm o menos) lejos del ojo. La visión intermedia se refiere a la visión de objetos intermedios a aproximadamente 2 a 20 pies (60 cm a 6 m) (tal como de 2 a 3 pies (60 cm a 90 cm)) lejos del ojo. La visión de lejos se refiere a la visión de objetos distantes aproximadamente 20 o más pies (6 m o más) lejos del ojo. "Visión más de cerca" puede incluir la visión de cerca y la visión intermedia.

Una región de la OL 10 puede contribuir a la potencia óptica de una zona para proporcionar visión para esa zona enfocando los rayos de luz procedentes de un objeto de la zona sobre un punto focal en la retina. Por ejemplo, una región puede contribuir a una potencia óptica de foco de cerca para proporcionar una visión de cerca enfocando rayos de luz procedentes de un objeto cercano sobre un punto focal cercano, puede contribuir a una potencia óptica de foco intermedio para proporcionar visión intermedia enfocando rayos de luz procedentes de un objeto intermedio sobre un punto focal intermedio, y/o puede contribuir a una potencia óptica de foco de lejos para proporcionar una visión de lejos enfocando rayos de luz procedentes de un objeto distante sobre un punto focal de lejos.

Una IOL 10 incluye una óptica. La óptica 12 puede tener cualquier diámetro adecuado  $D_{opt}$ , por ejemplo, en un intervalo de 5 a 7 mm, tal como de 5,5 mm a 6,5 mm, por ejemplo, aproximadamente 6 mm. La óptica 12 puede comprender cualquier material biocompatible adecuado, tal como un material polímero biocompatible. Ejemplos incluyen, sin limitación, un material acrílico blando (tal como ACRYSOF, un copolímero reticulado de 2-feniletil acrilato y 2-feniletil metacrilato), silicona, e hidrogel. El material puede incluir filtros ópticos que pueden mejorar la agudeza visual y/o proteger el tejido retiniano de longitudes de onda potencialmente dañinas. Aunque no se ha mostrado, la IOL 10 puede también incluir uno o más miembros de fijación (por ejemplo, hápticas) que pueden facilitar la colocación de la IOL 10 en el ojo de un paciente.

La óptica 12 tiene una superficie anterior 14 y una superficie posterior 16 sustancialmente centradas alrededor de un eje óptico OA. La superficie anterior 14 y la superficie posterior 16 pueden tener cualquier perfil de base adecuado. En el ejemplo ilustrado, cada superficie 14, 16 tiene un perfil de base convexo. En otras realizaciones, una o ambas superficies pueden tener un perfil de base cóncavo o plano. La potencia óptica nominal de la óptica 12 puede ser determinada a partir de los perfiles de base en combinación con el índice de refracción del material que forma la óptica 12. En ciertas realizaciones, la potencia óptica nominal puede ser la potencia refractiva monofocal de la óptica 12 para pupilas con diámetros menores que el diámetro  $D_{ir}$  de la región refractiva interior 20 (descrita a continuación).

En ciertas realizaciones, la superficie anterior 14 tiene un perfil auxiliar además del perfil de base. En el ejemplo, el perfil auxiliar de la superficie anterior 14 incluye una región refractiva interior 20, una estructura 22 refractiva-difractiva, y una región refractiva exterior 24. La región refractiva interior 20 está dispuesta alrededor del eje óptico OA, y el diámetro  $D_{ir}$  de la región refractiva interior 20 puede tener cualquier valor adecuado, tal como un valor en cualquiera de los siguientes intervalos: 0,8 a 1 mm, 0,90 a 1,0 mm, por ejemplo, aproximadamente 0,938 mm.

La región refractiva interior 20 puede estar adaptada para contribuir de manera refractiva a una potencia óptica de foco de lejos. La región refractiva interior 20 puede contribuir de manera refractiva a una potencia óptica de foco de lejos curvando los rayos de luz procedentes de un objeto distante para enfocar los rayos sobre un punto focal de lejos sobre la retina para proporcionar una visión de lejos.

En ciertas realizaciones, la región refractiva interior 20 puede proporcionar ciertas ventajas. Por ejemplo, en general, una región refractiva permite más transmisión de energía que una región difractiva. Así, una IOL con una región refractiva interior 20 permite más transmisión de energía que una IOL con una región difractiva central. Como otro ejemplo, una región refractiva tiene mayor tolerancia que una región difractiva a la ubicación por donde los haces de luz entran en la región y a un pequeño error refractivo. Así, una IOL con una región refractiva interior 20 tiene una mayor tolerancia al descentrado de la IOL en el ojo que una IOL con una región difractiva central.

La estructura 22 refractiva-difractiva está dispuesta hacia fuera desde la región refractiva interior 20 en una dirección que se aleja del eje óptico OA. El diámetro  $D_{r-d}$  de la estructura 22 refractiva-difractiva puede tener cualquier valor adecuado, tal como de 3 a 4 mm, 3,2 a 3,8 mm, o 3,3 a 3,5 mm, por ejemplo, aproximadamente 3,4 mm. En ciertas realizaciones, el diámetro  $D_{r-d}$  puede no ser mayor que el diámetro de una pupila media. Para pupilas más grandes, puede ser dirigida más energía a la región refractiva exterior 24 para el foco a distancia para minimizar un efecto de halo.

En ciertas realizaciones, la estructura 22 refractiva-difractiva comprende una o más regiones difractivas 30 (30a-c) y una o más regiones refractivas 32 (32a-b). Una región difractiva 30 puede ser adaptada para contribuir de manera difractiva difractando rayos de luz con una rejilla de difracción para proporcionar una visión multi-zonal. La región difractiva 30 puede contribuir a una potencia óptica multi-zonal como se ha descrito anteriormente. Una región refractiva 32 puede estar adaptada para contribuir de manera refractiva a una potencia óptica de foco de lejos de una manera similar a la de la región refractiva interior 20.

En ciertas realizaciones, una región difractiva 30 tiene una serie de anillos concéntricos que forman una rejilla de difracción. La rejilla de difracción curva los rayos de luz para enfocar luz en dos lugares simultáneamente para producir dos puntos focales separados, tales como cualesquiera dos de los siguientes: puntos focales de lejos, intermedios, y de cerca. Las regiones difractivas 30 tienen escalones (o escalerillas) 36 de alturas 40 particulares de escalón que difractan la luz en uno o más órdenes. La ubicación de los escalones 36 determina la potencia añadida, y la altura 40 de escalón de cada escalón 36 controla la proporción de luz que es dirigida a los puntos focales. En general, los escalones 36 más altos dirigen más luz hacia un punto focal de cerca y los escalones 36 más bajos dirigen más luz hacia un punto focal de lejos.

Los escalones 36 pueden tener cualesquiera alturas 40 de escalón adecuadas. En ciertas realizaciones, los escalones

36 son apodizados de tal modo que las alturas 40 de escalón generalmente disminuyen al aumentar la distancia desde el eje óptico OA. Por ejemplo, las alturas 40 de escalón pueden ser de 1,3 micrones hacia el centro y disminuir a 0,2 micrones hacia el perímetro. Los escalones 36 pueden ser apodizados de cualquier manera adecuada. En ciertas realizaciones, los escalones 36 a través de diferentes regiones difractivas 30 pueden ser estrictamente apodizados de tal modo que las alturas 40 de escalón disminuyan (o al menos no aumenten) al aumentar la distancia desde el eje óptico OA. En otras realizaciones, los escalones 36 a través de diferentes regiones difractivas 30 pueden ser generalmente apodizados de tal modo que la mayor parte de las alturas 40 de escalón disminuyan (o al menos no aumenten) al aumentar la distancia desde el eje óptico OA, pero al menos una altura de escalón de un escalón "no apodizado" que está más alejado del eje óptico OA es mayor que una altura de escalón de un escalón que está más cerca del eje óptico OA. Aún en otras realizaciones, los escalones 36 dentro de una región difractiva 30 pueden ser apodizados, pero los escalones 36 a través de diferentes regiones difractivas 30 no necesitan ser (pero pueden ser) apodizados. Por ejemplo, las alturas 40 de escalón de la región difractiva 30a pueden disminuir cuando la distancia desde el eje óptico OA aumenta, y las alturas 40 de escalones de la región difractiva 30b pueden disminuir de manera similar, pero la altura de un escalón 36 no apodizado de la región difractiva 30b puede ser mayor que la de un escalón 36 de la región difractiva 30a.

En ciertas realizaciones, la apodización produce una transición gradual de luz entre los puntos focales de lejos, intermedio y de cerca. En las realizaciones, los escalones 36 más altos dirigen más luz al punto focal de cerca y los escalones 36 más bajos dirigen más luz al punto focal de lejos. Una mezcla de energía gradual entre las potencias conduce a puntos de desenfoque cada vez menores. En resumen, cuando la luz pasa a través de una región difractiva 30, los escalones 36 producen ondas que se cortan en puntos focales diferentes para formar distintas imágenes.

La energía luminosa puede ser distribuida de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, X% puede ser dirigido al punto focal de lejos, e Y% puede ser dirigido al punto focal de cerca, donde X es 50 o mayor, tal como 55 a 65, por ejemplo, aproximadamente 60, tal como 58,9, e Y es 50 o menos, tal como 20 a 30, por ejemplo, aproximadamente 26, tal como 25,5.

Las alturas 40 de escalón pueden ser calculadas de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, la altura H de escalón puede ser calculada de acuerdo con la ecuación (1).

$$H = \frac{P\lambda}{(n_{IOL} - n_{med})} \quad (1)$$

donde P es la altura de fase,  $\lambda$  es la longitud de onda de diseño,  $n_{IOL}$  es el índice de refractivo de la IOL, y  $n_{med}$  es el índice refractivo del medio en el que está colocada la IOL. La longitud de onda de diseño puede ser una región estrecha del espectro visible que es utilizada para determinar el rendimiento óptico de una IOL para minimizar aberraciones cromáticas. P puede ser generalizada como  $P_m$  donde  $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ . El parámetro m puede ser seleccionados de acuerdo con la potencia añadida y/o el límite de zona apodizado exterior. Si la longitud de onda  $\lambda$ , el índice refractivo  $n_{IOL}$ , y el índice refractivo medio  $n_{med}$  son constantes de la IOL, entonces  $P_m$  puede ser utilizado para representar la altura de escalón.

Una región refractiva exterior 19 de la superficie anterior se extiende desde el límite exterior de la estructura 22 refractiva-difractiva a la periferia de la óptica 12. La región refractiva exterior 19 puede contribuir de manera refractiva a una potencia óptica del foco de lejos para tamaños de pupilas grandes, por ejemplo, en condiciones de poca luz.

En ciertas realizaciones, la óptica 12 puede proporcionar un valor de función de transferencia de modulación (MTF) más alto comparado con las IOL conocidas. La óptica 12 puede conseguir una lectura funcional del 20/40 o mejor a distancias próximas para una pupila media.

La fig. 2 ilustra un ejemplo de un perfil de una región refractiva interior 20 y de una estructura 22 refractiva-difractiva. En el ejemplo, la estructura 22 refractiva-difractiva comprende dos regiones difractivas 30 (30a-c) y regiones refractivas 32 (32a-b). Las regiones difractivas 30 tienen escalones 1 a 4 con alturas  $P_1$  a  $P_4$  de escalón. El escalón 4 es un escalón no apodizado. El escalón 4 está más alejado del eje óptico OA que el escalón 1, pero la altura  $P_4$  de escalón es mayor que la altura  $P_1$  de escalón. En ciertas realizaciones, las alturas  $P_0$  y  $P_3$  de escalón pueden ser la misma.

La fig. 3 ilustra otro ejemplo de un perfil de una región refractiva interior 20 y una estructura 22 refractiva-difractiva. En el ejemplo, la estructura 22 refractiva-difractiva comprende regiones difractivas 30 (30a-b) y regiones refractivas 32 (32a). Las regiones difractivas 30 tienen escalones 1 a 11 con alturas  $P_1$  a  $P_{11}$  de escalón. El escalón 6 es un escalón no apodizado. El escalón 6 está más alejado del eje óptico OA que los escalones 1 a 4, pero la altura  $P_6$  de escalón es mayor que las alturas  $P_1$  a  $P_4$  de escalón.

La fig. 4 ilustra un ejemplo de un método para fabricar una óptica 12 de una IOL 10 híbrida difractiva-refractiva. La óptica 12 puede ser fabricada de acuerdo con cualquier método adecuado. En ciertas realizaciones, los perfiles de las superficies son diseñados en la operación 110, y a continuación la óptica 12 con los perfiles es fabricada utilizando cualquier manera adecuada. En ciertas realizaciones, una pieza elemental de una lente es colocada en un soporte de lente en la operación 112. La pieza elemental de lente es a continuación conformada en la operación 114 para producir

los perfiles. Técnicas de conformado adecuadas pueden incluir cualquier método de formación adecuada a los materiales, incluyendo pero no están limitados a moldeo, ablación y/o torneado.

En un ejemplo, un método comprende colocar una pieza elemental de lente en un soporte de lente. La pieza elemental de lente está conformada para producir una óptica que tiene un eje óptico y una pluralidad de superficies que comprenden una superficie anterior y una superficie posterior. El conformado incluye conformar al menos una de las superficies para producir una región refractiva interior y una estructura refractiva-difractiva dispuesta hacia afuera desde la región refractiva interior en una dirección que se aleja del eje óptico. La región refractiva interior está adaptada para contribuir de manera refractiva a una potencia óptica del foco de lejos. La estructura refractiva-difractiva comprende una o más regiones difractivas y una o más regiones refractivas. Una región difractiva está adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica multi-zonal, y una región refractiva está adaptada para contribuir de manera refractiva a la potencia óptica del foco de lejos.

El perfil de una IOL 10 puede ser calculado por un componente que puede incluir una interfaz, lógica, memoria, y/u otro de elemento adecuado, cualquiera de los cuales puede incluir hardware y/o software. Una interfaz puede recibir entradas, enviar salidas, procesar la entrada y/o la salida, y/o realizar otras operaciones adecuadas. La lógica puede realizar las operaciones de un componente, por ejemplo, ejecutar instrucciones para generar salida a partir de la entrada. La lógica puede estar codificada en memoria y puede realizar operaciones cuando es ejecutada por un ordenador. La lógica puede ser un procesador, tal como uno o más ordenadores, uno o más microprocesadores, una o más aplicaciones, y/u otra lógica. Una memoria puede almacenar información y puede comprender uno o más medios de almacenamiento tangibles, legibles por ordenador, y/o ejecutables por ordenador. Ejemplos de memoria incluyen memoria informática (por ejemplo, Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) o Memoria de Sólo Lectura (ROM)), medios de almacenamiento en masa (por ejemplo, un disco duro), medios de almacenamiento extraíbles (por ejemplo, un Disco Compacto (CD) o un Disco de Video Digital (DVD)), almacenamiento de bases de datos y/o de red (por ejemplo, un servidor), y/u otros medios legibles por ordenador.

En realizaciones particulares, el cálculo del perfil de la IOL 10 puede ser realizado por uno o más medios legibles por ordenador codificados con un programa de ordenador, software, instrucciones ejecutables por ordenador, y/o instituciones capaces de ser ejecutadas por un ordenador. En realizaciones particulares, las operaciones pueden ser realizadas por uno o más almacenamientos de medios legibles por ordenador, realizados con, y/o codificados con un programa de ordenador y/o que tienen un programa de ordenador almacenado y/o codificado.

Aunque esta exposición ha sido descrita en términos de ciertas realizaciones, resultarán evidentes para los expertos en la técnica modificaciones (tales como cambios, sustituciones, adiciones, omisiones y/u otras modificaciones) de las realizaciones. Por consiguiente, pueden hacerse modificaciones en las realizaciones sin salir del alcance de la invención. Por ejemplo pueden hacerse modificaciones en los sistemas y aparatos descritos en este documento. Los componentes de los sistemas y aparatos pueden ser integrados o separados, y las operaciones de los sistemas y aparatos pueden ser realizadas por más, menos, u otros componentes. Como otro ejemplo, pueden hacerse modificaciones en los métodos descritos en este documento. Los métodos pueden incluir más, menos, u otras operaciones, y las operaciones pueden ser realizadas en cualquier orden adecuado.

Son posibles otras modificaciones sin salir del alcance de la invención. Por ejemplo, la descripción ilustra realizaciones en particular aplicaciones prácticas, y aún otras aplicaciones resultarán evidentes para los expertos en la técnica. Además, ocurrirán futuros desarrollos en las técnicas descritas en este documento, y los sistemas, aparatos, y métodos descritos serán utilizados con tales desarrollos futuros.

El alcance de la invención no debería ser determinado con referencia a la descripción. De acuerdo con los estatutos de patente, la descripción explica e ilustra los principios y modos de operación de la invención utilizando realizaciones ejemplares. La descripción permite que otros expertos en la técnica utilicen los sistemas, aparatos, y métodos en distintas realizaciones y con distintas modificaciones, pero no debería ser utilizada para determinar el alcance de la invención.

El alcance de la invención debería ser determinado con referencia a las reivindicaciones y al alcance completo de las equivalencias a las que están autorizadas las reivindicaciones. Todos los términos de las reivindicaciones deberían obtener sus consideraciones más ampliamente razonables y sus significados ordinarios tal y como son comprendidos por los expertos en la técnica, a menos que se haya hecho en este documento una indicación explícita de lo contrario. Por ejemplo, el uso de los artículos en singular tales como "un", "una", "uno", "el", "la", "no", etc. deberían ser leídos para enumerar uno o más de los elementos indicados, a menos que una reivindicación enumere una limitación explícita a lo contrario. Como otro ejemplo, "cada uno" se refiere a cada miembro de un conjunto o cada miembro de un subconjunto de un conjunto, en donde un conjunto puede incluir cero, uno, o más de un elemento. En resumen, la invención es capaz de modificación, y el alcance de la invención debería ser determinado, no con referencia a la descripción, sino con referencia a las reivindicaciones y su alcance completo de equivalencias.

## REIVINDICACIONES

1. Una lente oftálmica (10) que comprende:

una óptica (12) que tiene un eje óptico y una pluralidad de superficies que comprenden una superficie anterior (14) y una superficie posterior (16), teniendo al menos una de las superficies:

5 una región refractiva interior (20) adaptada para contribuir de manera refractiva a una potencia óptica de foco de lejos; y

10 una estructura (22) refractiva-difractiva dispuesta hacia fuera desde la región refractiva interior en una dirección que se aleja del eje óptico, comprendiendo la estructura refractiva-difractiva dos o tres regiones difractivas (30a, 30b, 30c) y una o dos regiones refractivas (32a, 32b), comprendiendo cada región difractiva una pluralidad de anillos concéntricos que forman una rejilla de difracción con una pluralidad de escalones (36) apodizados, al menos una región refractiva (32a, 32b) dispuesta entre dos regiones difractivas (30a, 30b, 30c), una región difractiva adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica multi-zonal, una región refractiva adaptada para contribuir de manera refractiva a la potencia óptica de foco de lejos; y

15 una región refractiva (24) exterior dispuesta hacia fuera desde la estructura refractiva-difractiva en la dirección que se aleja del eje óptico, estando la región refractiva exterior adaptada para contribuir de manera refractiva a la potencia óptica de distancia focal.

2. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, estando al menos una región difractiva (30a, 30b, 30c) adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica de foco intermedio.

20 3. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, estando al menos una región difractiva (30a, 30b, 30c) adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica de foco intermedio.

4. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, comprendiendo las dos o tres regiones difractivas (30a, 30b, 30c):

una primera región difractiva adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica de foco intermedio; y

25 una segunda región difractiva adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica de foco de cerca.

5. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, teniendo la estructura (22) refractiva-difractiva un diámetro de 3,3 a 3,5 mm.

6. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, comprendiendo al menos una región difractiva (30a, 30b, 30c) una pluralidad de escalones (36) apodizados, teniendo al menos dos escalones la misma altura.

30 7. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, comprendiendo las dos o tres regiones difractivas (30a, 30b, 30c) una pluralidad de escalones (36) estrictamente apodizados.

8. La lente oftálmica (10) según la reivindicación 1, comprendiendo las dos o tres regiones difractivas (30a, 30b, 30c) una pluralidad de escalones generalmente apodizados y un escalón no apodizado.

9. Un método que comprende:

35 colocar (112) una pieza elemental de lente en un soporte de lente; y

conformar (114) la pieza elemental de lente para producir una óptica (12) que tiene un eje óptico y una pluralidad de superficies que comprenden una superficie anterior (14) y una superficie posterior (16), comprendiendo el conformado conformar al menos una de las superficies para producir:

40 una región refractiva interior (20) adaptada para contribuir de manera refractiva a una potencia óptica del foco de lejos; y

45 una estructura (22) refractiva-difractiva dispuesta hacia afuera desde la región refractiva interior en una dirección que se aleja del eje óptico, comprendiendo la estructura refractiva-difractiva dos o tres regiones difractivas (30a, 30b, 30c) y una o dos regiones refractivas (32a, 32b), comprendiendo cada región difractiva una pluralidad de anillos concéntricos que forman una rejilla de difracción con una pluralidad de escalones (36) apodizados, al menos una región refractiva (32a, 32b) dispuesta entre dos regiones difractivas (30a, 30b, 30c), una región difractiva adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica multi-zonal, una región refractiva adaptada para contribuir de manera refractiva a la potencia óptica de foco de lejos; y

una región refractiva exterior (24) dispuesta hacia fuera desde la estructura refractiva-difractiva en la dirección

que se aleja del eje óptico, estando la región refractiva exterior adaptada para contribuir de manera refractiva a la potencia óptica de foco de lejos.

10. El método según la reivindicación 9, comprendiendo el conformado (114) conformar al menos una de las superficies para producir las dos o tres regiones difractivas (30a, 30b, 30c) que comprenden:

5 una primera región difractiva (30a, 30b, 30c) adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica de foco intermedio; y

una segunda región difractiva (30a, 30b, 30c) adaptada para contribuir de manera difractiva a una potencia óptica de foco de cerca.

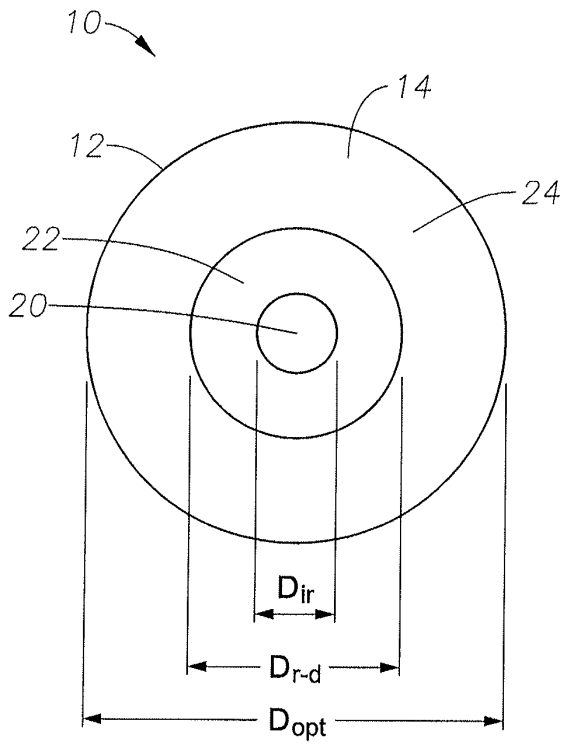


Fig. 1A

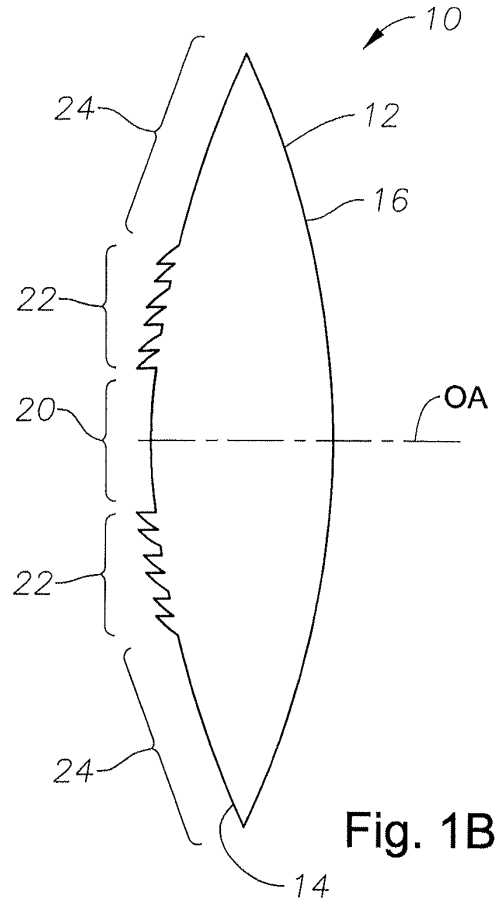


Fig. 1B

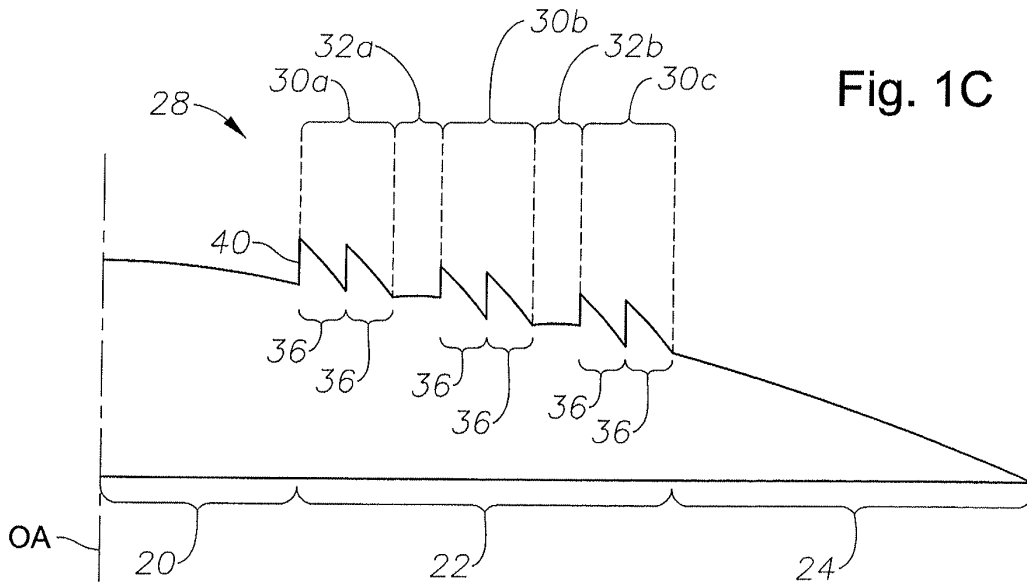


Fig. 1C



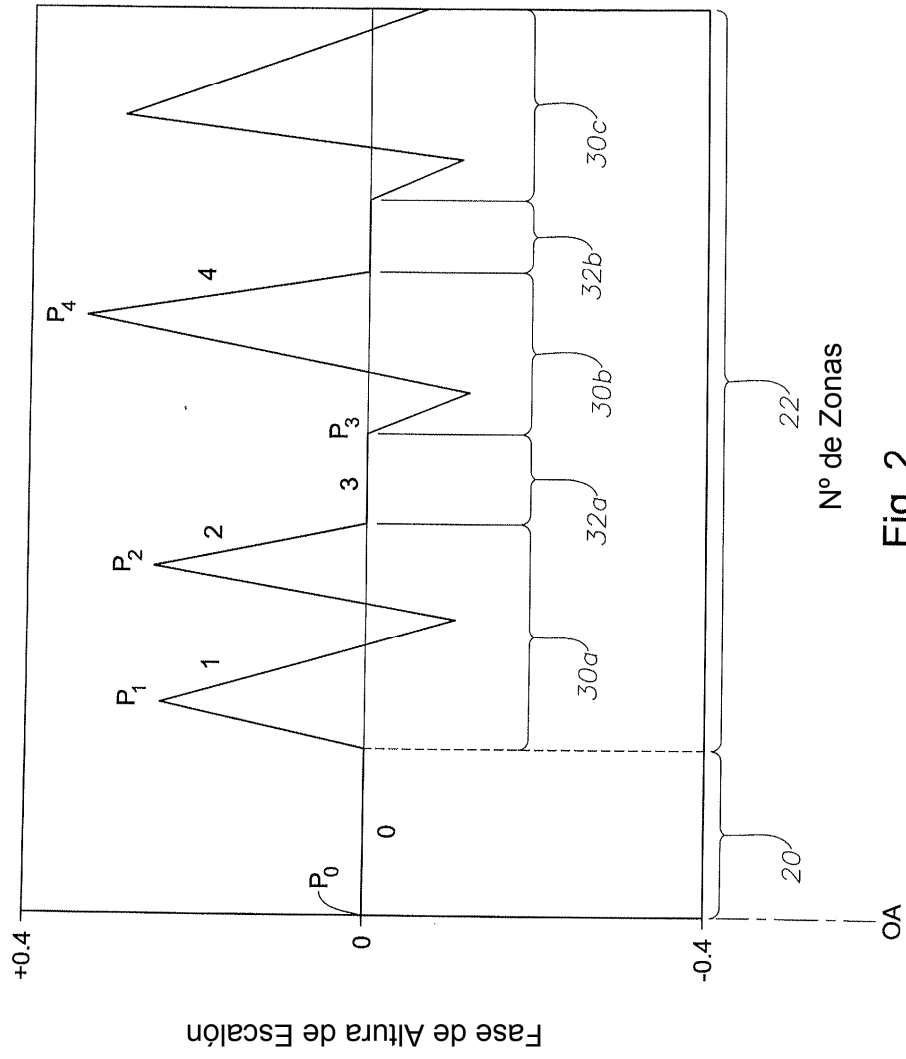


Fig. 2

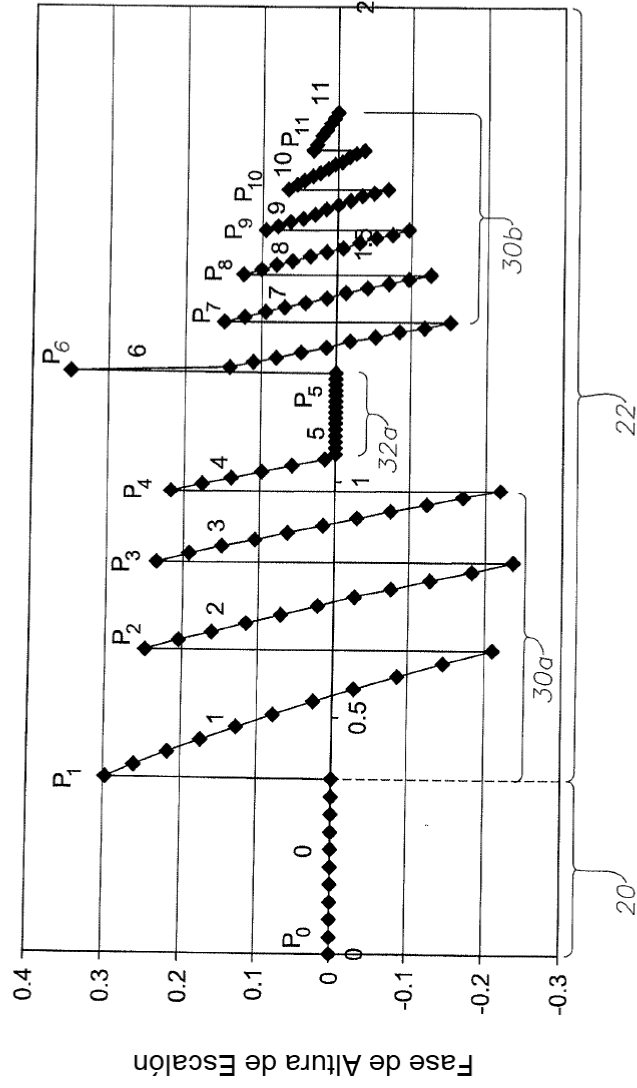


Fig. 3

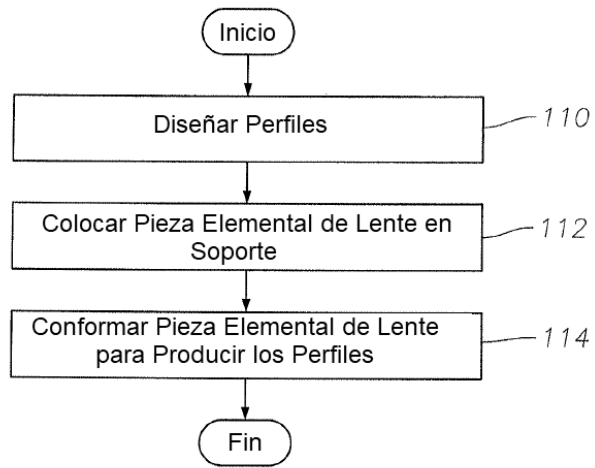


Fig. 4